Über ein neues Verfahren, den Reductionsfactor einer Tangentenboussole zu bestimmen.

Von **Anton Waszmuth,**
Assistenten für Physik am deutschen Polytechnikum in Prag.

Mit dem Namen „Reductionsfactor einer Tangentenboussole“ bezeichnet man bekanntlich jene Größe, mit der die Tangenten der Ablenkungswinkel zu multipliciren sind, um die Stromintensitäten, nach absolutem Maaße gemessen, zu erhalten. Dieser Factor k hängt bloß von den Dimensionen des Apparates und der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus ab und es ist z. B. für eine Weber'-sche Tangentenboussole vom Radius R, $k = \frac{RH}{2\pi}$ und ebenso für eine nach Helmholtz und Gaugain gleich $\left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{RH}{2\pi} = 0{,}2224 \times HR$, wenn H die horizontale Componente der magnetischen Erdkraft bedeutet; oder aber unter Voraussetzung der chemischen Stromeinheit, welche künftighin durchwegs zu Grunde gelegt sein soll, gleich obigem Werthe von k multiplicirt mit 1,05.

So einfach demnach der Zusammenhang zwischen Reductions-factor und den vorhergehenden Größen ist, so bietet doch die Berechnung nach diesen Formeln meistens viele Schwierigkeiten, da einerseits die Componente H für den Beobachtungsort oft nicht genau genug bestimmt ist und anderseits die Dimensionen des Apparates sich selten mit der nöthigen Sicherheit ermitteln lassen. Man ist daher außer Stande, diese Constante für ein gegebenes Instrument theoretisch zu bestimmen, sondern auf den Weg des Versuches hingewiesen.

Dabei hat man bis jetzt ausschließlich elektrolytische Bestimmungen in Anwendung gebracht, sei es in der Art, daß die in einem Voltameter binnen einer bestimmten Zeit entwickelte Knallgasmenge mit Beobachtung der nöthigen Vorsichten und Reductionen gemessen und mit der Tangente des gleichzeitig am untersuchten Instrumente

beobachteten Ablenkungswinkels verglichen wurde, oder aber in der Art, daß man ein Metallsalz der Elektrolyse unterwarf, die an der Kathode ausgefällte Menge des betreffenden Metalls durch Wägung bestimmte und daraus die äquivalente Knallgasmenge berechnete, um dieselbe in der vorhin bezeichneten Weise mit der gleichzeitig beobachteten Ablenkungstangente zu vergleichen.

Dem ersten Verfahren ist, abgesehen von den der Messung und Reduction des Gasvolumens anhaftenden Fehlerquellen noch der Umstand hinderlich, daß sich ein beträchtlicher Gasverlust durch Absorption und, wie man auch nachgewiesen haben will, durch theilweise Wiedervereinigung der getrennten Gase nicht vermeiden läßt. Das zweite Verfahren [1]) ist zwar von den angeführten Übelständen frei, setzt jedoch die Ausführung genauer Wägungen voraus. Berücksichtigt man endlich, daß beide Methoden überdies noch genaue Zeitbestimmungen erheischen, so wird man zugestehen müssen, daß solche Bestimmungen ziemlich umständlich sind und den Besitz von experimentellen Hilfsmitteln voraussetzen, die nicht immer zur Verfügung stehen.

Diese Erwägungen haben mich veranlaßt, versuchsweise einen andern Weg zur experimentellen Ermittlung des Reductionsfactors einzuschlagen, welcher jedenfalls viel rascher und einfacher und, wie ich glaube nachweisen zu können, mit nicht geringerer Sicherheit und Genauigkeit zum Ziele führt.

Den Anhaltspunkt dazu boten mir die von Prof. v. Waltenhofen in seiner Abhandlung über die elektromotorische Kraft der Daniell'schen Kette nach absolutem Maaße (Pogg. 133. Bd.) mit-

---

[1]) Bei der Untersuchung der Tangentenboussole, mit welcher Prof. v. Waltenhofen die in dieser Abhandlung zu Grunde gelegten Messungen der elektromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette ausführte, hat derselbe die elektrolytische Fällung des Kupfers vorgezogen und zu diesem Zwecke einen dem Horsford'schen Apparat ähnlichen Zersetzungsapparat mit Glaswanne construirt, bei welchem die Kupferplatten eine Berührungsfläche von mindestens je 60☐ Centimeter der Flüssigkeit darboten, indem auf die Vortheile großer Platten zur Erzielung eines constanten Stromes Seite 476 der betreffenden Abhandlung (Pogg. Bd. 133) hingewiesen wird. — Bezüglich des hiebei in Betracht kommenden elektrochemischen Äquivalentes des Wassers mag erwähnt werden, daß die von Wiedemann, Galvanismus, Bd. II, pag. 917 angeführten Bestimmungen dieser Größe um Differenzen bis zum Betrage von 2% abweichen.

getheilten zahlreichen Bestimmungen dieser Größe, welche sämmtlich nach der Poggendorff'schen Compensationsmethode und zwar in der Art ausgeführt wurden, daß der Einfluß der Polarisation vollständig ausgeschlossen war. Die elektromotorische Kraft der genannten Kette wurde nämlich jedesmal aus Stromstärke und Widerstand in der Nebenschließung abgeleitet [1]) und die gefundenen Zahlen zeigen eine solche Übereinstimmung, daß der von den einzelnen Versuchsresultaten sehr wenig abweichende Mittelwerth 12,04 auf die Jacobi-Siemens'schen Maaßeinheiten bezogen als eine mit großer Sicherheit bestimmte physikalische Constante betrachtet werden muß, welche mit Rücksicht auf die chemische Anordnung der Daniell'schen Kette überdiß jedenfalls nur sehr geringen Variationen unterliegen kann.

Diese Größe gibt daher ein unter allen Verhältnissen mit den einfachsten Mitteln und doch mit großer Genauigkeit reproducirbares Maaß an die Hand, aus welchem sofort der Reductionsfactor einer zu untersuchenden Tangentenboussole ohne weiteres berechnet werden kann, wenn dieselbe bei der Compensation einer Daniell'schen Kette als Galvanometer in der Nebenschließung von bekanntem Widerstande gedient hat. Bezeichnet man nämlich, auf die vorgenannten Einheiten bezogen, Stromstärke und Widerstand in dieser Nebenschließung, beziehungsweise mit i und r, ferner den an der Tangentenboussole bei erreichter Compensation der Daniell'schen Kette (durch eine beliebige andere von entsprechender Stärke) abgelesenen Ablenkungswinkel mit α und den gesuchten Reductionsfactor bezüglich der Jacobischen Stromeinheit mit k, so hat man wegen $i = k \operatorname{tang} \alpha$ und $12{,}04 = ir$ [2]) die Relation:

$$k = \frac{12{,}04}{r \operatorname{tang} \alpha}.$$

---

[1]) Es mag hier erinnert werden, daß die zweite Form der Poggendorff'schen Methode, welche in der Vergleichung der Widerstände in der Leitung der compensirenden Kette und der Nebenschließung besteht, nur relative Messungen gestattet und überdies, wie Prof. von Waltenhofen in seiner Abhandlung über die Polarisation constanter Ketten (Sitzungsb. d. kais. Akad. 49. Bd.) unzweifelhaft nachgewiesen hat, von dem Einfluß der Polarisation nicht unabhängig ist.

[2]) Es ist nämlich die elektromotorische Kraft der compensirten Kette jedesmal gleich dem Producte von Stromstärke und Widerstand der Nebenschließung.

Ich habe eine Reihe solcher Versuche ausgeführt, die ich nun näher erörtern will. Als Ladungsflüssigkeit diente bei der Daniell'schen Kette eine concentrirte Kupfervitriollösung, deren Concentration durch hineingelegte Kupfervitriolkrystalle unterhalten wurde; das Zink war sorgfältig amalgamirt und stand in mit dem fünfzehnfachen Volum Wasser verdünnter englischer Schwefelsäure. Bei den Versuchen Nr. II bis VII wurde das von Poggendorff angegebene Verfahren beobachtet, das Daniell'sche Element jedesmal nach erfolgter Compensation auseinander zu nehmen, die Metallplatten von den anhaftenden Gasblasen zu reinigen, neu zusammenzustellen und abermals zu compensiren. Als compensirende Kette wurde ein constantes Kohlenzinkelement verwendet.

Zur Untersuchung gelangte zuerst eine Gaugain'sche Tangentenboussole mit massivem Messingring nebst vier Drathkreisen, mit der ich folgende vier Reihen von Versuchen, bei denen jedesmal ein anderes Daniell'sches Element zur Compensation genommen wurde, ausführte. Der Strom ging dabei durch den messingenen Reif.

Versuchsreihe			log r tang α	k	Mittel	Größte Abweichung vom Mittel
Nr. I	1,025	17°0	0,49606—1	38,42	39,05	1,8 %
	2,025	8·7	0,49118—1	38,85		
	3,025	5·8	0,48752—1	39,18		
	4,025	4·3	0,48093—1	39,78		
Nr. II	1,025	17·0	0,49606—1	38,42	38,88	1,18%
	2,025	8·75	0,49371—1	38,63		
	3,025	5·8	0,48752—1	39,18		
	4,025	4·35	0,48597—1	39,32		
Nr. III	1,025	17·15	0,50011—1	38,06	38,66	2,2 %
	2,025	8·75	0,49371—1	38,63		
	3,025	5·75	0,48374—1	39,53		
	4,025	4·45	0,49588—1	38,44		
Nr. IV	1,025	17·15	0,50011—1	38,06	38,22	1,6 %
	2,025	8·8	0,49622—1	38,41		
	3,025	5·85	0,49128—1	38,85		
	4,025	4·55	0,50557—1	37,59		

Hieraus ergibt sich, wenn man die Versuchsreihe Nr. I, bei der die Metallplatten während der Compensation nicht gereinigt wurden, außer Acht läßt, als Mittelwerth für den Reductionsfactor dieser Boussole $k = 38{,}59$, dessen Abweichung vom Mittel der Versuchsreihen II, III und IV nicht einmal 1% erreicht und dessen größte Abweichung von den einzelnen Beobachtungsresultaten 2,6% beträgt. Elektrolytische Bestimmungen mit (concentrirter) Kupfervitriollösung zwischen Kupferplatten ergaben für diesen Reductionsfactor einen etwas höheren Werth. (Sehr nahe 40.)

Eine Berechnung dieses Factors konnte hier leider nicht durchgeführt werden, da die Dimensionen des Messingreifes nicht auf den Werth des bei der Rechnung zu Grunde zu legenden Radius schließen ließen; die für denselben gefundenen Grenzwerthe zeigen indeß eine befriedigende Übereinstimmung.

Um aber auch eine derartige, genauere Vergleichung anstellen zu können, wurde eine Versuchsreihe Nr. V mit derselben Tangentenboussole in der Art ausgeführt, daß der Strom nicht durch den Messingreif, sondern durch einen von den vier an demselben festliegend angebrachten, isolirten Kupferdräthen ging. Der Radius dieses Kupferringes fand sich ziemlich genau gleich 88 Mm. und die Entfernung seines Mittelpunktes vom Drehungspunkte der Nadel gleich 45 Mm., während die am Aufstellungsorte direct gemessene, erdmagnetische Horizontal-Intensität 1,657 war. Berechnet man mit diesen Größen den Reductionsfactor, so findet man denselben gleich 34,52, welcher Werth mit den aus meinen Versuchen erhaltenen 34,61 eine beinahe vollständige Übereinstimmung gibt, indem die Abweichung davon nur 1/4 Pct. beträgt, wie aus der nachstehend angeführten Tabelle hervorgeht.

Versuchsreihe			$\log r \tan \alpha$	k	Mittel	Größte Abweichung vom Mittel
Nr. V	1,025	18°55	0,53650—1	35,01	34,61	1,2%
	2,025	9·75	0,54153—1	34,60		
	3,025	6·55	0,54075—1	34,66		
	4,025	5·0	0,54672—1	34,19		

Zeigen die Messungen Nr. I bis IV, daß die einzelnen Bestimmungen mit verschiedenen Daniell'schen Ketten unter sich sehr gut übereinstimmende Resultate ergeben, so erhellt nicht minder aus dem Versuche Nr. V das genaue Zusammentreffen des berechneten mit dem nach meinem Verfahren gefundenen Werthe.

Dasselbe zeigte sich auch bei den Versuchen Nr. VI und VII, die ich mit einer zwölf Drathkreise enthaltenden Gaugain'schen Boussole durchführte:

Versuchsreihe			log r tang α	k	Mittel	Größte Abweichung vom Mittel
Nr. VI	1,065	69°5	0,45461	4,213	4,25	0,9%
	2,065	53·83	0,45100	4,248		
	3,065	42·55	0,44924	4,265		
	4,065	34·67	0,44890	4,269		
Nr. VII	1,069	69·5	0,45624	4,211	4,28	1.6%
	2,069	53·55	0,44734	4,298		
	3,069	42·25	0,44525	4,319		
	4,069	34·5	0,44662	4,305		

Als Mittelwerth aus diesen Bestimmungen ergibt sich hieraus für den Reductionsfactor die Größe 4,26, welcher Werth von den einzelnen Beobachtungen höchstens um 1,4% abweicht.

Für dasselbe Instrument wurde der Reductionsfactor auch auf verschiedenen anderen Wegen ermittelt, wobei sich ein nahezu gleicher Mittelwerth 4,19 ergab, während jedoch die einzelnen Bestimmungen unter sich weniger genau als bei meinen Versuchen übereinstimmten.

Bedenkt man nun noch, daß dieses Verfahren Apparate voraussetzt, die in keinem physikalischen Laboratorium fehlen (einige bekannte Widerstände, ein Rheostat, der nicht einmal graduirt zu sein braucht, zwei Ketten und ein gewöhnlicher Multiplicator) und daß man mehrere Versuche binnen kurzer Zeit ausführen kann, so darf wohl mit Recht gesagt werden, daß dieses Verfahren rascher und einfacher als die gewöhnlichen Methoden zum Ziele führt und auch mindestens die gleiche Genauigkeit wie jene gewährt.

Ebenso einleuchtend ist es, daß sich dieses Verfahren mit Vortheil zum Graduiren anderer Galvanometer verwenden läßt und zwar besonders dort, wo das von Poggendorff angegebene Verfahren vermöge der Construction des betreffenden Instrumentes nicht ausführbar ist. Über die Modification, die dann das Verfahren erleidet, werde ich indeß ein anderes Mal berichten.

Schließlich kann ich nicht umhin, Herrn Prof. von Waltenhofen, in dessen Laboratorium ich die Versuche ausführte, für die Überlassung der Instrumente so wie für die gütige Unterstützung meiner Bestrebungen meinen wärmsten Dank auszusprechen.
